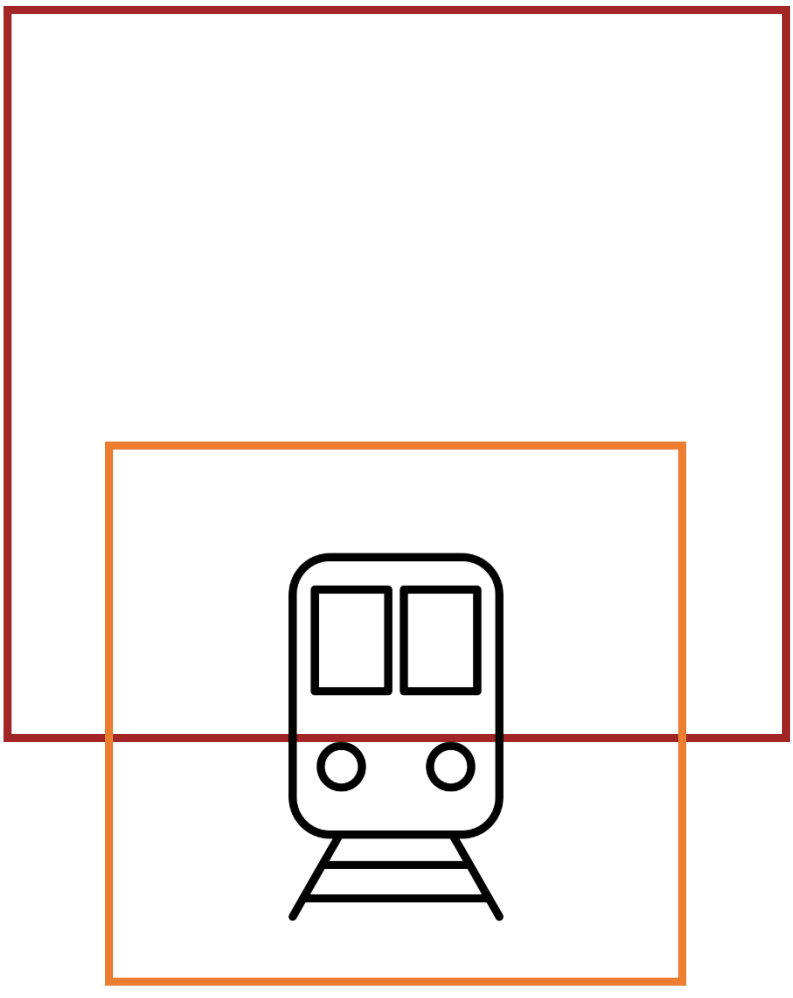
FONDAZIONE MARCO POLO

CENNI GENERALI PER LA PROVA DI AMISSIONE AMBITO FERROVIARIO



CENNI STORICI

Le origini della **strada ferrata** sono da ricercare nel cosiddetto "solco carraio", ideato a Pompei dai Romani intorno al 50 d.C. per assicurare il traffico sulla Via Magna.

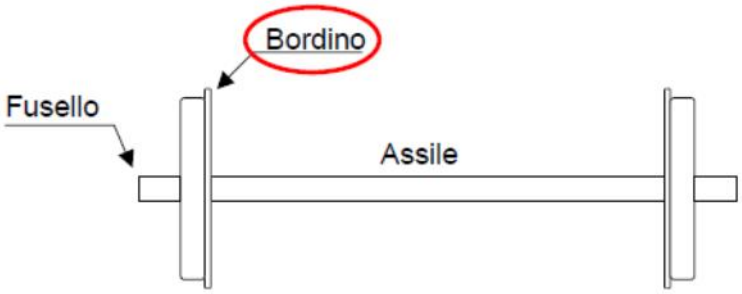
Tale solco, mantenendo le ruote dei veicoli entro apposite guide o scanalature realizzate sulla **pavimentazione stradale in lastre di pietra**, permetteva di migliorare lo scorrimento dei carri e di ridurre lo sforzo dei cavalli.

Guide siffatte comparvero ben presto anche in altre parti dell'impero romano, come attestano le tracce ritrovate in Svizzera, sulla via d'Etraz.

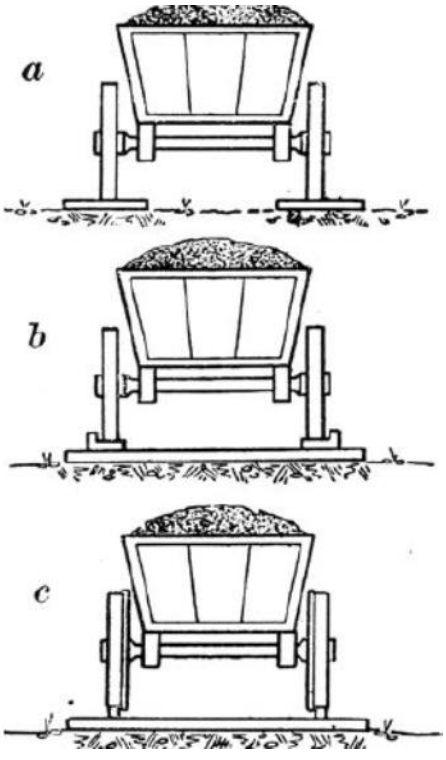
Verso la metà del secolo XVI gli Inglesi, seguiti dai Tedeschi, ripresero il sistema romano nelle loro **miniere di carbone fossile**.

Ai solchi erano stati sostituiti, in un primo tempo, semplici **piste di legno**, le quali vennero poi ricoperte con lastre metalliche per rallentarne il logorio, quindi fiancheggiate con tavole per impedire alle ruote di scostarsi dal piano di scorrimento.

Le ruote dei carrelli furono presto provviste di un risalto (il **bordino**) che aveva lo **scopo di guidare la ruota e mantenere il carrrello sulla rotaia** anche in presenza di sforzi trasversali notevoli (Miniere di New Castle 1738).



È interessante notare che la distanza di circa **1440 mm** fra i solchi carrai romani di Pompei differisce di soli 5mm dallo **scartamento** di 1435 mm tra le due file di rotaie d'una linea ferro viaria odierna.



Intorno al 1760 l'industria siderurgica inglese subisce una grave crisi di sovrapproduzione, il prezzo del ferro si riduce notevolmente accelerando la **sostituzione delle rotaie in legno con quelle in ferro** (inizialmente si trattava spesso di piastre di ferro montate sopra rotaie di legno).

L'adozione della rotaia consente di risolvere il problema degli elevati pesi per asse del veicolo e della scarsa guidabilità dello stesso.

Inoltre l'adozione delle rotaie consente di **ridurre sensibilmente le resistenze di rotolamento** in questo modo si possono raggiungere velocità maggiori **a parità di potenza** installata sulla macchina.

Sulla nascente idea della ferrovia si concentrano interessi industriali per l'epoca enormi: nel 1825 viene costruito un primo tratto di ferrovia tra Stoctkon Darlinghton e nel 1829 viene bandita una gara per la costruzione delle locomotive per la prima vera e propria ferrovia commerciale tra **Manchester e Liverpoll**.

A vincerla è **George Stephenson** con il suo "**Rocket**" che sbaraglia gli avversari.

L'Inghilterra, all'avanguardia nel campo ferroviario, vide superare per la prima volta la velocità di 100km/h nel 1835 sulla linea Manchester-Liverpool.

Lo scartamento di **quattro piedi** e **otto pollici e mezzo** (1435mm), scelto da George Stephenson (1781 - 1848) quando costruì la prima linea ferroviaria fra le due piccole città inglesi di Darlington e Stoctkon, era stato dettato dalla larghezza dei carrelli a mano utilizzati allora nelle miniere di carbone.

La **ferrovia** e la macchina a vapore si diffondono rapidamente in tutta Europa facilitando il trasporto di beni e persone e lo sviluppo di nuove iniziative industriali.

Già nel 1839 viene inaugurata in Italia la prima linea ferroviaria la Napoli Portici.

La costruzione della Napoli-Portici prende le mosse nel 1836, su proposta della Società francese Bayard intesa a realizzare un collegamento da Napoli a Nocera, con diramazione da Torre Annunziata per Castellammare di Stabia, per una lunghezza di circa 40km.

Il progetto della Società francese, costituita dall'Ingegnere Armando Giuseppe Bayard, si propose l'obiettivo di compiere i lavori in sei anni, con i capitali di una costituenda Società per Azioni, utilizzando la manodopera locale.

Il progetto proposto trovò il consenso di Ferdinando II ed il 5 ottobre del 1836 fu firmata la convenzione definitiva mentre, il 5 luglio 1838, dopo aver reperito i capitali necessari, iniziarono i lavori del primo tratto Napoli-Torre del Greco.

La linea, tra **Napoli e Torre del Greco**, incontrava nel suo percorso la stazione del Granatello di Portici, per poi proseguire per il Forte Colostro, ove fu aperta una fermata provvisoria, e giungere infine a Torre del Greco.

Nel corso degli anni grazie allo sviluppo tecnologico vengono introdotte numerose innovazioni e migliorie nella locomotive a vapore.

L'IMPIANTO NORMATIVO

Il Quadro normativo che disciplina la condizione di sicurezza per l'accesso al mercato dei servizi ferroviari è costituito da:

- Normativa Comunitaria

- Normativa Nazionale

- Norme Tecniche e Standard di Sicurezza
  - ✓ Emesse da ANSF, contengono i Principi ed i Criteri necessari per la sicurezza della circolazione
- Disposizioni e Prescrizioni di Esercizio
  - ✓ Emanate dai Gestori dell'Infrastruttura e dalle Imprese Ferroviarie
  - ✓ Procedure di interfaccia tra G.I. e I.F. per la sicurezza della circolazione emanate da ciascun G.I.
- L'adeguamento e l'armonizzazione della struttura normativa nazionale con quella comunitaria.

- La progressiva adozione di obiettivi comuni di sicurezza e dei metodi comuni di sicurezza definiti a livello europeo.

- L'individuazione di un organismo nazionale preposto alla sicurezza (ANSF) e di un organismo investigativo incaricato di effettuare indagini sugli incidenti ed inconvenienti ferroviari;

- L'assegnazione di compiti e delle competenze nonché la ripartizione delle responsabilità tra operatori ferroviari.

- Il Quadro Normativo è costituito da Normativa Comunitaria, emessa e/o modificata dal Parlamento Europeo, che deve essere recepita da ciascun Paese membro dell'Unione Europea.

L'accesso all'Infrastruttura è consentito a condizione che ciascuna Impresa Ferroviaria dimostri:

- Il possesso di una LICENZA DI TRASPORTO che legittimi l'espletamento di servizi internazionali di trasporto merci o di persone per ferrovia.

- La disponibilità in qualsiasi momento del CERTIFICATO DI SICUREZZA UNICO rilasciato dall'ERA o dall'Autorità Preposta alla Sicurezza competente per territorio.

- La stipulazione, in base al diritto pubblico o privato, di accordi necessari con il G.I. dell'infrastruttura ferroviaria utilizzata. Le condizioni alla base di detti accordi sono non discriminatorie e trasparenti.

Possono chiedere il rilascio della Licenza di trasporto le Imprese Ferroviarie che dispongono direttamente di materiale rotabile nonché del personale incaricato alla guida e dell'accompagnamento dei convogli e che sono in grado di dimostrare la copertura assicurativa per la responsabilità civile in caso di incidenti, in particolare per quanto riguarda i passeggeri, il bagaglio, le merci trasportate, la posta, le altre imprese ferroviarie, il gestore dell'infrastruttura e i terzi, dal momento dell'inizio delle attività.

La Licenza di trasporto è rilasciata dal Ministero dei Trasporti e della Navigazione con provvedimento comunicato al soggetto richiedente.

Per avere accesso all'infrastruttura ferroviaria un'impresa ferroviaria deve essere titolare di un Certificato di Sicurezza Unico che può valere per parte della rete ferroviaria di uno o più stati membri.

Lo scopo del certificato di sicurezza unico è di fornire la prova che l'impresa ferroviaria interessata ha posto in essere un proprio sistema di gestione della sicurezza ed è in grado di operare in modo sicuro nell'area di esercizio prevista. Il certificato specifica il tipo e la portata delle attività ferroviarie in oggetto e l'area di esercizio.

Il certificato di sicurezza unico viene rilasciato da ERA in base al disposto della direttiva CE/2016/798 recepita in Italia con D.Lgs. 50/2019. Qualora l'area di esercizio sia limitata al solo sistema ferroviario italiano, l'ANSF può rilasciare, sotto la propria responsabilità e su istanza del richiedente, un certificato di sicurezza unico.

GLI ORGANISMI DEL SISTEMA FERROVIARIO EUROPEO E CENNI SUL RISPETTIVO RUOLO

ERA

L'Agenzia ferroviaria europea costituisce un elemento motore nella politica di modernizzazione del settore ferroviario europeo. La presenza nei ventisette Stati membri di regole tecniche e di regole di sicurezza nazionali incompatibili tra loro costituisce un ostacolo rilevante per lo sviluppo del settore ferroviario. L'agenzia ha il compito di ravvicinare progressivamente tali regole tecniche e di stabilire metodi e obiettivi comuni di sicurezza per tutto il sistema ferroviario europeo.

- trasmette alla Commissione idonee proposte di decisione a favore del settore: la Commissione le adotterà previo parere dei comitati dei rappresentanti degli Stati membri
- svolge inoltre compiti di mediazione fra le diverse autorità nazionali per la sicurezza
- non dispone di poteri decisionali in quanto tali, ma è in grado di formulare pareri, raccomandazioni e proposte alla Commissione. È indipendente, ma lavora a stretto contatto con gli esperti in materia.

L'Agenzia ferroviaria europea annovera tra i suoi compiti principali:

- rafforzare la sicurezza del sistema ferroviario europeo;
- migliorare il livello di interoperabilità del sistema ferroviario europeo;
- contribuire all'elaborazione di un sistema europeo di certificazione delle officine di manutenzione dei veicoli;
- contribuire alla realizzazione di un sistema comune di formazione e di preparare e proporre i metodi e gli obiettivi comuni di sicurezza;
- appoggiarsi ai gruppi di esperti del settore posti sotto la sua responsabilità;
- consultare le parti sociali e le organizzazioni che rappresentano a livello europeo i clienti del trasporto merci e i passeggeri;
- assicurare una sorveglianza continua delle prestazioni di sicurezza;
- elaborare una relazione pubblica ogni due anni;
- tenere una banca dati relativa alla sicurezza ferroviaria;

- provvedere alla messa in rete e alla cooperazione delle autorità nazionali di sicurezza ferroviaria e degli organismi d'inchiesta diretti a favorire gli scambi di esperienza e lo sviluppo di una cultura comune della sicurezza ferroviaria.

- riconoscimento dei macchinisti.

- Interoperabilità del sistema ferroviario

L'interoperabilità del sistema ferroviario europeo mira a rendere compatibili i diversi sistemi ferroviari nazionali degli Stati membri, eliminando o riducendo gli ostacoli tecnici.

L'Agenzia è pertanto responsabile del miglioramento del livello di interoperabilità del sistema ferroviario europeo. A tal fine essa deve organizzare e dirigere i lavori tesi a elaborare e aggiornare le specifiche tecniche di interoperabilità (STI). Le STI sono specifiche tecniche volte a garantire l'ottemperanza ai requisiti minimi della direttiva 2008/57/CE sull'interoperabilità del sistema ferroviario europeo.

L'Agenzia pubblica inoltre, ogni due anni, una relazione sui progressi compiuti in materia di interoperabilità.

- Manutenzione dei veicoli

La manutenzione dei veicoli è un elemento importante per la sicurezza ferroviaria. A tal riguardo l'Agenzia è incaricata di formulare raccomandazioni alla Commissione in particolare per quanto concerne il sistema di certificazione degli enti preposti alla manutenzione dei vagoni e degli altri veicoli ferroviari.

L'Agenzia deve parimenti redigere una relazione sull'attuazione di tale sistema di certificazione.

- Personale ferroviario

La formazione e le competenze dei macchinisti costituiscono elementi cruciali sia per la sicurezza che per l'interoperabilità del sistema ferroviario europeo. Pertanto l'Agenzia ha anche il compito di contribuire all'armonizzazione delle competenze professionali dei macchinisti. Il lavoro dell'Agenzia si inscrive quindi nel quadro della direttiva relativa alla certificazione dei macchinisti nell'UE.

Nello specifico l'Agenzia deve cooperare con le autorità competenti al fine di garantire l'interoperabilità dei registri delle licenze e dei certificati rilasciati ai macchinisti, valutare l'evoluzione della certificazione dei macchinisti e redigere una relazione sui miglioramenti auspicabili.

- Organizzazione

L'Agenzia ferroviaria europea è composta da un consiglio di amministrazione, che si riunisce almeno due volte all'anno. Tra le altre cose esso deve adottare il programma di lavoro annuale e la relazione generale dell'Agenzia. Il consiglio di amministrazione è composto dai rappresentanti di ogni Stato membro, della Commissione e di sei categorie professionali del settore: imprese ferroviarie, gestori dell'infrastruttura, industria ferroviaria, sindacati, passeggeri, clienti del trasporto merci.

Inoltre l'Agenzia è guidata da un direttore esecutivo nominato dal consiglio d'amministrazione. Il direttore ha soprattutto il compito di preparare e attuare il programma di lavoro. È altresì responsabile della gestione del bilancio dell'Agenzia.

L'Agenzia ferroviaria europea non dispone di poteri decisionali in quanto tali, ma è in grado di formulare pareri, raccomandazioni e proposte alla Commissione. È indipendente, ma lavora a stretto contatto con gli esperti in materia.

L'AGENZIA NAZIONALE PER LA SICUREZZA DELLE FERROVIE (ANSF)

Istituita dal D.lgs. 162/2007 amplia il suo raggio d'influenza con il D.L. 109/2018 che istituisce ANSFISA (Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie, delle Infrastrutture Stradali e Autostradali). Nel periodo di transizione, tuttora in essere, ANSF mantiene struttura e compiti che sono:

- Attività normativa

Definizione e riordino del quadro normativo tramite emissione di: norme e standard tecnici; norme e standard per la formazione e qualificazione del personale; principi per l'emanazione delle disposizioni e prescrizioni emanate dal GI e IF

- Attività autorizzativa

Autorizzazione alla messa in servizio di materiale rotabile, qualificazione Verificatori Indipendenti di Sicurezza, autorizzazione all'uso di prodotti e componenti, riconoscimento istruttori e esaminatori; qualificazione responsabili SGS; gestione Certificato di Sicurezza alle IF e Autorizzazione di Sicurezza ai GI; rilascio Licenza ai macchinisti.

- Gestione Banche dati

Registro Licenze macchinisti, registro istruttori e esaminatori, registro infrastruttura nazionale, registro immatricolazione nazionale veicoli, registro dei Certificati di Sicurezza e delle Autorizzazioni di Sicurezza, interfaccia con EUAR per i veicoli e norme nazionali tecniche e di sicurezza, banca dati nazionale delle UCI (Unità di Carico Intermodale) e dei contenitori.

- Attività di ispettorato, controllo e monitoraggio

Controllo requisiti Certificato Sicurezza delle IF e Autorizzazione di Sicurezza dei GI, vigilanza applicazione norme e standard, sorveglianza prestazioni di sicurezza, vigilanza sui centri di formazione, vigilanza sull'applicazione delle disposizioni e prescrizioni per il funzionamento e la manutenzione dei sottosistemi, vigilanza adozione SGS, ispezioni e indagini varie

L' attività di investigazione su incidenti ed inconvenienti di esercizio non è di competenza ANSF e viene svolta da un organismo appositamente costituito presso il Ministero dei Trasporti: i compiti a cui assolve sono normati dal Capo V - art. 20 - del D.Lgs. 50/2019.

I CENTRI DI FORMAZIONE RICONOSCIUTI

Le Agenzie Nazionali possono rilasciare il certificato di riconoscimento a Centri di Formazione che forniscono in maniera equa e non discriminatoria formazione per i macchinisti, personale viaggiante e per tutto il personale con compiti di sicurezza essenziali

A tal fine le Agenzie attuano un controllo continuo, con valutazioni iniziali, audit/ispezioni finalizzati a verificare il possesso ed il mantenimento dei requisiti richiesti

Il CDF deve pertanto:

- assicurare, attraverso la propria organizzazione, la gestione del proprio funzionamento operativo, compreso il mantenimento dei requisiti previsti.
- dimostrare di pianificare, realizzare e tenere sotto controllo con continuità, tutte le attività necessarie ad assicurare la formazione erogata, i processi di valutazione e sviluppo delle competenze degli istruttori ed ogni altra attività necessaria al funzionamento del CDF.

FIGURE PROFESSIONALI DEL SISTEMA FERROVIARIO REGOLATORI DELLA CIRCOLAZIONE

Sulla rete italiana sono presenti le seguenti figure:

- Dirigente Movimento (DM): regola la circolazione dei treni nelle singole stazioni (itinerari ed apertura segnali).

- Dirigente Centrale Operativo (DCO): regola la circolazione dei treni su una linea, un tratto di linea o un nodo, stazioni comprese (formazione itinerari ed apertura segnali); regola la circolazione di tutti i posti di servizio della linea e può avvalersi della collaborazione dei DM (se presenti) e del macchinista nei casi previsti.

- Dirigente Centrale: cura la regolarità della circolazione treni, dà le informazioni, consigli, ordini per mantenere o ristabilire la regolarità della corsa dei treni.

- Deviatore: agente al quale è assegnato, permanentemente o temporaneamente il servizio degli scambi e dei segnali.

- Agente di Guardia (AG): agente al quale è assegnato permanentemente o temporaneamente il servizio dei segnali in determinate condizioni.

- Manovratore: agente al quale è assegnato in via permanente, o temporanea il comando delle manovre nell'ambito degli scali ferroviari e/o nelle stazioni, collegamento fra veicoli.

- Accompagnamento Treni (CT: è l'agente del treno incaricato della sicurezza ed assistenza ai viaggiatori in base a determinate competenze previste dall'IF e, quando tale agente ha la funzione di dirigenza del convoglio (treni viaggiatori), è denominato capo treno (CT).

- Formatore: controlla i dati tecnici del convoglio e produce i documenti tecnici di viaggio.

- Verificatore: controlla gli organi di sicurezza dei veicoli (gancio, respingenti, sospensioni, rodigio, ecc.) e la corretta applicazione delle prescrizioni di carico, (modalità ed assicurazione del carico) e l'efficienza dell'impianto frenante.

- Il macchinista è la figura addetta alla condotta dei treni.

  Le sue attività professionali comprendono:

  - ✓ la verifica della funzionalità delle UdT, sia in relazione alla conduzione dei treni che alla loro rispondenza allo scopo;
  - ✓ la conduzione del convoglio in sicurezza nel rispetto delle norme regolamentari apprese durante i corsi di formazione;
  - ✓ la risoluzione di anormalità tecniche/normative manifestatesi durante il servizio;
  - ✓ la segnalazione degli inconvenienti più gravi con una breve relazione tecnica;
  - ✓ l'esecuzione delle attività nel rispetto di tutte le norme sulla sicurezza personale vigenti.

IL SISTEMA FERROVIARIO

Il Sistema Ferroviario è costituito dai seguenti sottosistemi di natura strutturale e funzionale:

- Infrastruttura:
  - Linee (binari, deviatoi, opere stradali, ect.)
  - Località di servizio (stazioni, bivi, etc.)
  - Impianti e apparati di sicurezza (distanziamento, s.s.t., etc,)
  - Energia (sottostazioni, linea aerea, etc.)
- Materiale rotabile (veicoli)
- Controllo – comando segnalamento
- Esercizio e gestione del traffico
- Manutenzione
- Applicazioni telematiche per i passeggeri e il trasporto merci

IL SERVIZIO FERROVIARIO

Il servizio ferroviario consiste nel far circolare uno o più convogli (convoglio = complesso di uno o più veicoli con almeno una unità di trazione, un sistema di frenatura e cabina di guida) sull'infrastruttura al fine di trasportare persone e/o cose da un punto geografico terrestre ad un altro.

L'INFRASTRUTTURA FERROVIARIA

L'infrastruttura ferroviaria è composta dalle località di servizio, dalle linee con uno o più binari che collegano due o più località di servizio, da altri posti in linea e dagli impianti e apparati di sicurezza necessari a garantire la sicurezza della circolazione ferroviaria. Fanno parte dell'infrastruttura ferroviaria anche le apparecchiature elettriche per la trazione dei treni. Le linee possono essere a semplice binario (la circolazione avviene, per entrambi i sensi di marcia, sul solo binario disponibile); a doppio binario (la circolazione avviene sul binario di sinistra senso marcia treno); a doppio binario banalizzato (la circolazione può avvenire, per entrambi i sensi di marcia, su entrambi i binari).

LA LINEA FERROVIARIA

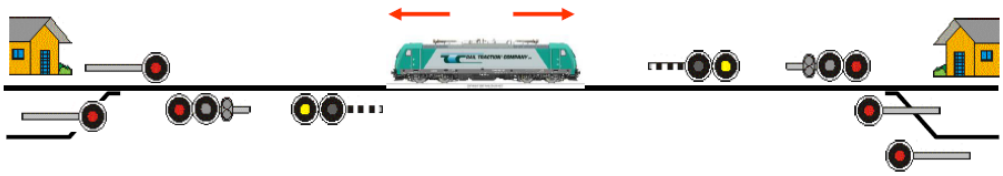
- La linea ferroviaria deve rispettare precise caratteristiche costruttive e dimensionali, determinate in fase progettuale in funzione dell'utilizzazione della linea stessa (trasporto passeggeri, trasporto merci, A.V.).

- L'infrastruttura ferroviaria è composta da:
  - ✓ Località di servizio.
  - ✓ Linee con uno o più binari che collegano due o più località di servizio.
  - ✓ Da altri posti di linea.
  - ✓ Da impianti ed apparati di sicurezza necessari a garantire la sicurezza della circolazione ferroviaria.
  - ✓ Da apparecchiature elettriche per la trazione dei treni.

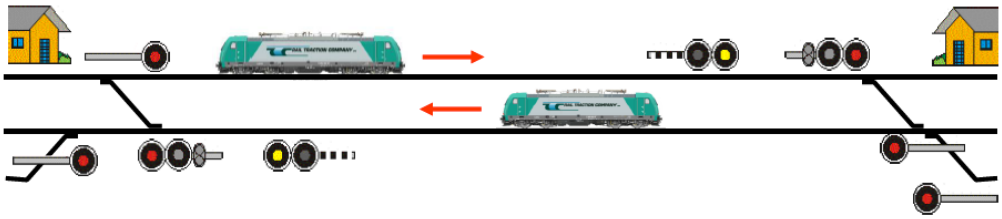
- Ogni binario è attrezzato per la circolazione su di esso in uno solo o in entrambi i sensi di marcia. Sulle linee a doppio binario i cui binari sono attrezzati ciascuno per un solo senso di marcia opposto a quello dell'altro binario, i binari devono essere attrezzati per la circolazione sul binario di sinistra rispetto al senso di treni.

LINEE FERROVIARIE

➔ Le linee a «semplice binario» sono attrezzate per la circolazione dei treni nei due sensi di marcia sull'unica sede disponibile.



➔ Le linee a «doppio binario» sono attrezzate per la circolazione dei treni sul binario di sinistra per ciascun senso di marcia.
Detto binario è denominato «legale»



Nell'ambito delle Stazioni, i binari si distinguono come segue:

- ✓ Binari di circolazione: binari adibiti all'arrivo, alla partenza o al transito dei treni;
- ✓ Binari secondari: non adibiti al movimento dei treni;
- ✓ Binari di corsa: binari di circolazione che sono la diretta prosecuzione delle linee nell'ambito della stazione. Tali binari, generalmente di più corretto tracciato, sono quelli utilizzati di regola per il transito dei treni senza fermata.

- La massicciata deve garantire la distribuzione dei carichi verticali sul piano stradale, mantenere la geometria del binario e consentire la correzione di eventuali piccole alterazioni (sforzi di trazione e compressione dovute alla circolazione e alle variazioni di temperatura nelle "lunghe rotaie saldate").

- Le traverse hanno il compito di trasmettere uniformemente alla massicciata il peso e gli sforzi provenienti dalle rotaie. Sono predisposte per mantenere alla corretta distanza (scartamento) le due rotaie formanti il binario. Possono essere in legno oppure in c.a.p. (cemento armato precompresso). Sono normalmente collocate con uno "spartito" di 60 cm tra l'una e l'altra.

- Le rotaie sono costituite da un profilato di acciaio avente forma adatta a supportare forti carichi verticali nonché tensioni e compressioni longitudinali. I tipi di rotaia si distinguono in funzione del loro peso per metro corrente: 45/50/60 UNI. Le barre possono avere lunghezza 36, 108 o 144 m. L'inclinazione dell'asse della rotaia consente il perfetto accoppiamento con il profilo troncoconico del cerchione.

- I deviatoi sono meccanismi che permettono il passaggio dei veicoli ferroviari da un binario ad un altro. Le possibili diverse direzioni di inoltro sono denominate rami del deviatoio. Il deviatoio è costituito da due parti:

✓ cambiamento o telaio degli aghi, permette l'inoltro in una direzione, dando continuità alla rotaia;
✓ incrociamento, permette passaggio ruote all'intersezione delle rotaie.

Può essere impegnato di punta, quando viene percorso dal cambiamento verso l'incrociamento, o di calcio, se percorso in senso contrario. Disposto per la sinistra o per la destra quando permette il passaggio di veicoli sul ramo dì sinistra o di destra rispetto a chi guarda il deviatoio dalla punta.
I deviatoi possono essere percorsi a specifiche velocità massime, in funzione del tipo di armamento e delle loro caratteristiche geometriche (raggi di curvatura e tangente). La velocità massima ammessa può essere diversa per ciascuno dei rami del deviatoio.

- Comunicazione: due deviatoi, situati su due binari generalmente attigui o paralleli, collegati tra loro in modo da consentire il passaggio dall'uno all'altro binario, costituiscono una comunicazione.

- Intersezioni, sono dispositivi che consentono l' incrocio di due binari (denominati rami) ciascuno dei quali consente ai veicoli di attraversare a raso l' altro ramo dell'intersezione.

- Scambi inglesi: le intersezioni possono anche essere dotate di cambiamento per consentire l'inoltro dei veicoli anche nelle altre direzioni e allora sono denominati scambi inglesi (è detto semplice se il passaggio dall'uno all'altro dei due binari che si attraversano è possibile da una sola diramazione per lato; è detto doppio, se il passaggio è possibile da entrambe le diramazioni.). Per la manovra dei deviatoi sono utilizzati dispositivi che provocano lo spostamento del telaio degli aghi. Il comando può essere elettrico o manuale. L'effettivo spostamento degli aghi può avvenire per azione:

✓ Meccanica: forza di gravità agente sul contrappeso;
✓ Elettromeccanica: movimento provocato da motori elettrici;
✓ Oleodinamica: movimento provocato da attuatori oleodinamici messi in pressione da apposite pompe comandate elettricamente o manualmente (in caso di degrado)

- Passaggi a livello
  Un passaggio a livello (PL) è un'intersezione a raso tra una o più strade e una o più linee ferroviarie, e deve essere munito di dispositivi che, quando attivi, inibiscono il transito lato strada (barriere, semibarriere, segnali luminosi e acustici, etc.).

I VEICOLI FERROVIARI

- Il veicolo ferroviario
  Per veicolo ferroviario si intende un veicolo provvisto delle necessarie autorizzazioni e dotato dei dispositivi previsti, atto a circolare con le proprie ruote sulla linea ferroviaria, con o senza trazione. Un veicolo ferroviario, per poter circolare sulla IFN, deve essere dotato di:
  - ✓ dispositivi di frenatura che consentono di frenare e sfrenare il veicolo e di trasmettere il comando dell'azione frenante ai veicoli collegati. (Alcuni veicoli sono provvisti dei soli dispositivi per la trasmissione del comando dell'azione frenante);
  - ✓ dispositivi di aggancio e repulsione che consentono di collegare il veicolo ad altri veicoli in modo da mantenere le distanze tra essi e di trasmettere lo sforzo di trazione.
  - ✓ I veicoli possono essere provvisti anche di dispositivi per la loro immobilizzazione.
  - ✓ I veicoli adibiti al servizio viaggiatori o comunque presenziabili devono essere dotati di dispositivi che consentano a chi è presente sui veicoli di segnalare in cabina di guida un'emergenza.
  - ✓ Un veicolo ferroviario dotato di apparato motore costituisce una unità di trazione.

- ✓ Un veicolo dotato di cabina di guida e destinato alla condotta dei treni deve essere munito delle seguenti apparecchiature:
  - ➢ dispositivo di comando del sistema frenante;
  - ➢ sottosistema di Bordo del sistema di protezione della marcia dei treni ;
  - ➢ sottosistema di Bordo del sistema di comunicazione Terra-Treno;
  - ➢ dispositivo per la visualizzazione in cabina di guida delle informazioni inerenti alla sicurezza
  - ➢ della circolazione ricevute da terra.
  - ➢ dispositivo controllo vigilanza agente di condotta
  - ➢ sistema di visualizzazione della velocità istantanea del convoglio;
  - ➢ sistema di registrazione della velocità istantanea e degli eventi di condotta;
  - ➢ dispositivo per le segnalazioni acustiche;
  - ➢ fanali per la segnalazione di testa dei treni.

- Convoglio
  Un convoglio è un complesso di uno o più veicoli ferroviari, con almeno una unità di trazione, dotato di sistema di frenatura e cabina di guida e atto a svolgere un determinato servizio ferroviario (trasporto di persone o merci, manutenzione dell' IFN, soccorso ad altri convogli, movimentazione di veicoli).

- Manovra
  Una manovra è un convoglio che si muove solo all'interno di una stazione con una velocità che deve essere determinata istante per istante dal macchinista secondo le specifiche norme vigenti.

- Treno
  Un treno è un convoglio che si muove, con una velocità max ammessa per esso, predeterminata per ciascun punto dell'infrastruttura da percorrere, secondo le specifiche norme vigenti.
  I veicoli ferroviari si distinguono in:
  - ✓ veicoli rimorchiati (carrozze passeggeri, carri merci, postali, ecc.); quelli dotati di cabina di guida per il telecomando delle unità di trazione sono definiti carrozze pilota;
  - ✓ locomotive: veicoli dotati di cabina di guida e di apparato motore, caratterizzati dal genere di trazione: elettrica (TE), diesel (TD), [vapore (TV)] e utilizzate per il traino dei veicoli rimorchiati.
  - ✓ automotrici (o mezzi leggeri Ale - Aln), caratterizzati da ambiente viaggiatori e carene nelle quali sono ubicate le apparecchiature di trazione;
  - ✓ ETR: composizione bloccata di materiale automotore, eventualmente accoppiabile con altra in unità multipla, in genere destinata al servizio ad alta velovcità o vicinale.
  - ✓ mezzi di servizio si intendono macchine speciali e carrelli per i lavori ai binari, carrelli con scale e cestelli per la linea di contatto, ecc.

  Per le unità di trazione si parla di "Potenza Concentrata" quando l'apparato motore è concentrato su un unico veicolo (locomotiva/motrice) e di "Potenza Distribuita" quando l'apparato motore è distribuito su più veicoli (mezzi leggeri, ETR).

- Si definisce rodiggio di un mezzo ferroviario (locomotiva, carro e carrozza) l'insieme degli organi compresi fra la rotaia ed il sotto cassa: ruote, cerchioni, assi (o sale), boccole, cuscinetti, etc. Gli organi di aggancio e repulsione che hanno il compito di assorbire, ammortizzare e trasmettere le forze d'urto e di trazione che si esercitano durante la marcia

LA CRICOLAZIONE FERROVIARIA

- *Il sistema di esercizio*

  Il sistema di esercizio di una linea ferroviaria è il tipo di organizzazione previsto per regolare la circolazione dei treni. Il Sistema di esercizio di una linea ferroviaria si può anche definire come il complesso di norme e tecnologie, riguardanti la regolarità e la sicurezza, che consentono di "organizzare" il servizio circolazione treni sulla linea. I sistemi di esercizio in uso attualmente su Rete Ferroviaria Italiana sono:
  - ✓ la dirigenza locale (D.L.)
  - ✓ la dirigenza centrale (D.C.)
  - ✓ la dirigenza centrale operativa (D.C.O.)

- *La dirigenza locale*

  In ogni località di servizio adibita al distanziamento dei treni è presente un regolatore della circolazione (dirigente movimento, agente guardablocco), che manovra gli impianti di sicurezza per distanziare i treni, effettuare incroci e precedenze. Questo sistema di esercizio viene, di norma, utilizzato quando la linea è attrezzata con il blocco elettrico manuale. La gestione della successione dei treni è limitata ai tratti di linea posti tra due stazioni

- *La dirigenza centrale*

  Sulle linee a dirigenza locale, dove l'intensità del traffico ferroviario non consentirebbe agli r.d.c. delle singole località una visione del traffico sufficientemente ampia, opera un dirigente centrale con il solo compito di coordinare l'operato dei singoli r.d.c. La manovra degli impianti di sicurezza per distanziare i treni, effettuare incroci e precedenze rimane di competenza dei singoli r.d.c.

- *La dirigenza centrale operativa*

  Grazie all'introduzione dei regimi di blocco aperti si è reso possibile telecomandare le singole località. La dirigenza centrale operativa si basa sull'utilizzo di sistemi tecnologici che consentono di telecomandare e telecontrollare la manovra degli impianti di sicurezza per distanziare i treni, effettuare incroci, precedenze e manovre. La gestione di queste linee è affidata ad un dirigente centrale operativo (D.C.O.).

CENNI DI MECCANICA

- Il lavoro meccanico

In fisica il *lavoro meccanico* si realizza solo quando ad un corpo viene applicata una forza che ne produce uno spostamento. Ad esempio: sollevare un secchio d'acqua da terra comporta lavoro mentre mantenere sospeso il secchio no in quanto si raggiunge lo stesso risultato ponendo il secchio sopra ad un piano d'appoggio. In sostanza se un punto P sul quale agisce la forza F si sposta nella direzione della forza, il lavoro W compiuto (cioè l'energia in gioco) è pari al prodotto tra la forza F e lo spostamento s:

$$W = F * s \ [1 joule = 1\ newton * 1 metro]$$

La *Potenza* è quindi tanto maggiore quanto maggiore è il lavoro compiuto e tanto maggiore quanto minore sarà il tempo impiegato a compierlo. Espresso in una formula P è la potenza, W il lavoro compiuto e t il tempo impiegato si avrà:

$$P = W/t \ [1 watt = 1 \text{ joule } /1 \text{ sec}]$$

- *Energia cinetica*

La cinetica ci insegna le leggi che regolano il moto dei corpi. Un corpo a cui viene applicata una forza si muove nello spazio. Lo spazio (o spostamento) che il corpo compie e il tempo che questo impiega a percorrerlo sono tra di loro legati dalla formula: $S = V * t$ dove *S* è lo spazio percorso, *t* il tempo impiegato a percorrerlo e *V* è la costante di proporzionalità denominata Velocità.
Dalla formula inversa $V = s/t$ si deduce che l'unità di misura della velocità è il metro al secondo [*m/sec*].

In un sistema ideale e, quindi, senza attriti, se noi applichiamo una forza ad un corpo questo inizia uno spostamento, ma se continuiamo ad applicare la forza il tempo per percorrere gli spazi diminuirà progressivamente nel tempo. Si può facilmente dedurre che la Velocità varierà nel tempo. La variazione della velocità nel tempo è detta accelerazione, ed è espressa dalla formula $a = V/t$ e si misura in [*m/sec*].

Sempre in un sistema ideale il rapporto che intercorre tra l'accelerazione (e quindi la velocità) e la forza F applicata si intuisce che dipende dalla massa "m" del corpo, ovvero maggiore è la massa e, a parità di forza applicata, minore sarà l'accelerazione impressa al corpo stesso. Tradotto in formula avremo $a = F/m$ da cui la formula inversa

$$F = m \cdot \boldsymbol{a}$$

Che rappresenta il secondo principio della *Dinamica*: nel moto di un punto materiale l'accelerazione è, in ogni punto e in ogni istante, proporzionale alla forza applicata; forza e accelerazione hanno la stessa direzione e lo stesso verso. Definiamo ora lo spazio percorso in un intervallo di tempo di un moto uniformemente vario, ovvero con accelerazione costate. La velocità media nell'intervallo preso in esame sarà $Vm = (V1-V2) / 2$ (1); la velocità finale $V2$ può essere anche espressa come la velocità iniziale incrementata dell'effetto dell'accelerazione nel tempo *t:* $V1 + at$. Sostituendo nella (1) a $V2$ il suo valore avremo:

$$S = Vm\,t = 1/2\ at^2$$

E la velocità:

$$V = a * t$$

Sostituendo nella formula $W = F * S$ i valori di F ed s si otterrà

$$W = \boldsymbol{ma} \cdot 1/2\ at^2 = ½\ m\ (at)^2$$

Questa espressione rappresenta l'energia cinetica posseduta da un corpo in movimento.

- *Energia potenziale e principio di conservazione dell'energia meccanica*

Si è detto che una forza applicata ad un corpo compie un lavoro meccanico soltanto quando il punto di applicazione della forza subisce uno spostamento. Analizziamo il caso in cui il corpo si sposti da un piano ad un altro separati da una altezza h. Per alzare il corpo spenderemo una certa energia cinetica che sarà trasformata in energia potenziale. Osserviamo che lo spostamento è costituito dall'altezza h del pian inclinato e l'accelerazione dall'accelerazione di gravità *g*, quindi possiamo affermare che:

$$E_P = m * g * h$$

La legge della conservazione dell'energia afferma che: l'energia di un sistema isolato rimane costante quindi il nostro corpo sollevato all'altezza h avrà un'energia potenziale che sarà nulla una volta giunto in h; ovvero l'energia potenziale si sarà trasformata in energia cinetica. Il concetto appena enunciato viene espresso dalle formule:

$$\boldsymbol{ETA} = \boldsymbol{E_c} + \boldsymbol{E_p} = \boldsymbol{1/2\ mv^2} + \text{m} \bullet \text{g} \bullet \text{h} = 0 + \text{m} \bullet \text{g} \bullet \text{h}$$

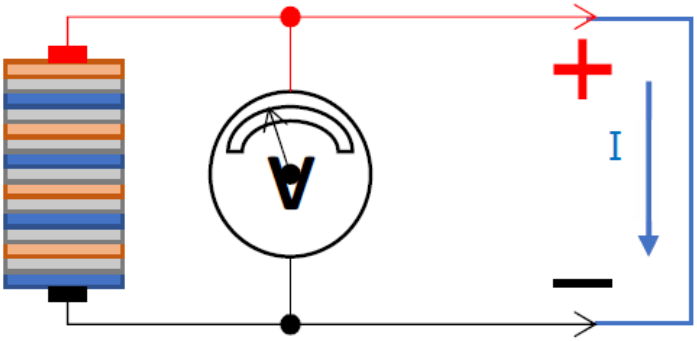
$$\boldsymbol{ETB} = \boldsymbol{E_c} + \boldsymbol{E_p} = \boldsymbol{1/2\ mv^2} + \text{m} \bullet \text{g} \bullet \text{h} = \boldsymbol{1/2\ mv^2} + 0$$

Valide rispettivamente nel punto A e nel punto B. Si nota come, non potendo variare la massa del corpo, sarà la velocità ad aumentare con legge esponenziale. Nella marcia del treno è necessario limitare la velocità in relazione agli spazi di frenatura, che, sulle linee tradizionali, sono fissi e in relazione alla capacità frenante del convoglio.

CENNI DI ELETTROTECNICA

- *La corrente elettrica – La legge di Ohm*

La materia è costituita da molecole che rappresentano la parte più piccola in cui si può dividere un corpo senza che questo perda le sue caratteristiche fisiche e chimiche. La molecola a sua volta, però, è costituita da atomi che, secondo il modello semplificato di Bohr, sono rappresentabili con un nucleo attorno al quale ruotano piccole particelle dette elettroni. La rotazione di queste particelle avviene secondo le leggi della gravitazione il che sottintende la presenza di forze di attrazione che agiscono all'interno dell'atomo. Queste forze danno luogo a campi elettrici e il loro verso, per convenzione, fa assumere all'elettrone una carica elettrica negativa. Per effetto di queste forze l'elettrone cadrebbe sul nucleo se all'interno di quest'ultimo non ci fossero altre particelle dette protoni che sviluppano campi elettrici, e quindi forze, di verso opposto. I protoni, per convenzione, assumono carica elettrica positiva. In alcuni materiali gli atomi sono molto vicini tra loro, il che fa sì che gli elettroni delle orbite più esterne si vengano a trovare per un istante equidistanti dal nucleo di due atomi vicini; in quell'istante le forze che agiscono sull'elettrone sono nulle e l'elettrone stesso, per agitazione termica, può iniziare a muoversi all'interno della materia stessa. Questi materiali vengono detti conduttori. Esistono macchine elettriche (*generatori di corrente, accumulatori*) che sfruttano questa proprietà per accumulare carica elettrica negativa su di un punto (*polo negativo*), lasciando sul punto opposto (*polo positivo*) atomi privati di un elettrone e quindi con carica elettrica positiva. Si è creata cioè tra i due poli una *differenza di potenziale* elettrico detta anche *tensione*. Con un apposito strumento detto Voltmetro è possibile misurare la *d.d.p. V* che costituisce una vera e propria energia potenziale in grado cioè di produrre un lavoro meccanico. Infatti, se noi uniamo con un conduttore i due poli del generatore gli elettroni presenti sul polo negativo inizieranno a muoversi dal polo negativo al polo positivo dando vita ad una corrente elettrica I. Come si nota dalla figura il verso della corrente è indicato dal polo positivo verso il polo negativo in quanto, per convenzione, si assegna ad una corrente valore positivo se circola dal polo positivo al polo negativo e valore negativo se circola in senso inverso.
Definiamo quindi, corrente elettrica, il movimento di elettroni che, sotto l'effetto di una forza esterna, si spostano da un atomo all'altro all'interno di un conduttore.
La tensione elettrica costituisce una grandezza fisica fondamentale nello studio di tutta l'elettrotecnica e dell'elettronica. Essa rappresenta, in pratica, quella forza che, appena può, mette in movimento gli elettroni, cioè genera la corrente elettrica.
In tutti i fenomeni elettrici, quindi, la tensione rappresenta la causa, mentre la corrente ne costituisce l'effetto.
Si evince facilmente che, corrente elettrica e elettricità, termini comunemente usati per esprimere lo stesso concetto, sono in effetti due fenomeni diversi: mentre l'elettricità è presente in tutta la materia, la corrente elettrica è sempre il risultato di trasformazione di altro tipo di energia e si manifesta solo all'interno dei conduttori.



La corrente si misura in Ampere, ovvero la quantità di cariche elettriche che attraversano una sezione di conduttore in un secondo. Questo tipo di corrente, che non cambia mai il suo senso di circolazione, è detto *corrente continua* e, se mantiene sempre lo stesso valore, è detta *corrente continua e costante*. Si dimostra sperimentalmente che la tensione V e la corrente I sono direttamente proporzionali (*due grandezze sono direttamente proporzionali quando il loro rapporto è costante. Due grandezze sono inversamente proporzionali quando il loro prodotto è costante*) ed hanno come costante di proporzionalità la resistenza. Quindi possiamo scrivere:

$$V = R * I$$

Questa proporzione, detta *Legge di Ohm*, costituisce la legge fondamentale dell'elettrotecnica.

La *Resistenza R* rappresenta l'opposizione al passaggio degli elettroni del conduttore stesso. L'unità di misura delle resistenze prende il nome di « ohm » (abbrev. Ω). La misura della resistenza si effettua mediante uno strumento elettrico che prende il nome di « ohmmetro ». Essa è tanto maggiore quanto maggiore è la lunghezza del conduttore e tanto minore quanto maggiore è la sua sezione.

$$R = \rho\, l/S$$

Dove l ed S indicano rispettivamente la lunghezza e la sezione del conduttore e ρ una costante tipica di ogni conduttore. In un circuito avente d.d.p. pari ad un volt (V) e avente resistenza pari ad un ohm (Ω) circolerà una corrente di un ampere (A). Una successione di elementi (generatori e componenti elettrici uniti tra loro) viene detto *circuito elettrico*. Nei circuiti elettrici si riconoscono i nodi, dove si congiungono più conduttori, e le *maglie*, costituite da circuiti o parti di circuiti, chiusi su se stessi.

Analogia idraulica

I = Portata d'acqua - Ampere

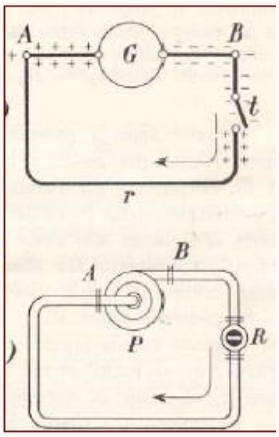
V = Carico potenziale

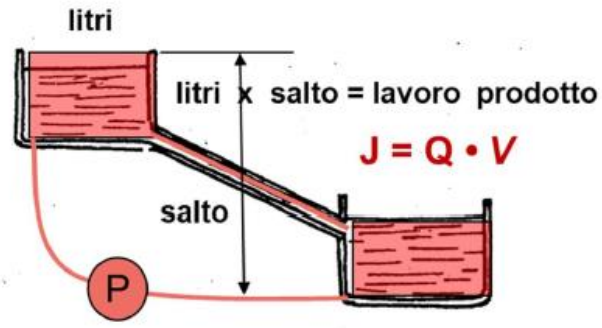
fem = Pressione pompa

ddp = Salto utilizzabile

Il generatore elettrico è paragonabile ad una pompa.

La Tensione Elettrica è paragonabile alla Pressione generata dalla pompa





$A = \frac{\text{Litri}}{t}$ Gli Ampere sono rappresentabili con i L /sec e paragonabili alla quantità di cariche elettriche che attraversano una sezione di conduttore in un secondo.

R = Ω Così la sezione del tubo è paragonabile a quella del conduttore elettrico e chiarisce il concetto di Resistenza che l'acqua o gli elettroni incontrano nel loro spostamento all' interno degli stessi, inversamente proporzionale alla sezione

- *Prima legge di Ohm*

La prima legge di Ohm ci permette di determinare l'intensità di corrente elettrica che attraversa un conduttore in base al rapporto tra la differenza di potenziale ai capi del materiale conduttore e la Resistenza elettrica. La Resistenza Elettrica è una costante, indipendente dall'entità della corrente.

- *Seconda legge di Ohm*

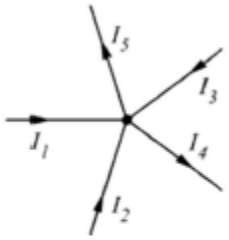
La resistenza dipende da alcune caratteristiche fisiche e geometriche del conduttore, come la resistività, la lunghezza e la sezione. L'esempio più semplice è quello in cui il conduttore è composto di un solo materiale, ha sezione uniforme e flusso di corrente al suo interno anch'esso uniforme.

- *Terza legge di Ohm*

La corrente è composta da un moto ordinato di elettroni, guidati da un campo elettrico, che possiedono una certa energia cinetica.

- *Primo principio di Kirkoff o equazione di nodo*

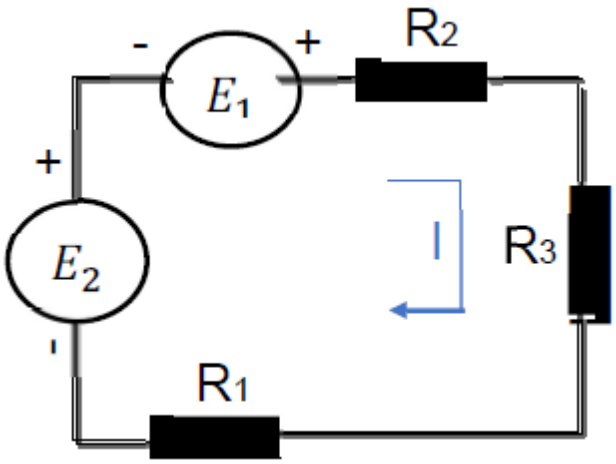
La somma algebrica delle correnti entranti in un nodo e delle correnti uscenti dal nodo è uguale a zero.



$$\Sigma \mp I = 0 \quad \text{ovvero} \quad I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

- *Secondo principio di Kirkoff o equazione di maglia*

La somma algebrica delle forze elettromotrici E (f.e.m. = d.d.p. ai capi dei generatori) e delle cadute di tensione (c.d.t: le differenze di potenziale ai capi di ogni singola resistenza) che si incontrano in una maglia è uguale a zero.



I due generatori hanno polarità concordi quindi le rispettive tensioni verranno sommate (vedi paragrafo successivo), in caso contrario avremmo dovuto assegnare arbitrariamente alla corrente un senso di circolazione positivo e, di conseguenza, sottrarre opportunamente le tensioni in gioco.
Possiamo quindi applicare la legge di Ohm e scrivere l'equazione di maglia:

$$E_1 + E_2 = R_1 I + R_2 I + R_3 I$$

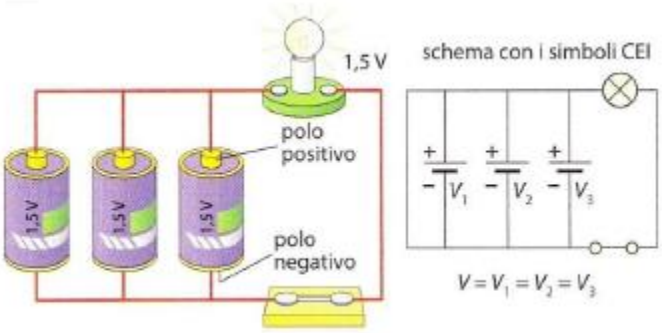
- *Collegamento in serie e collegamento in parallelo*

Un circuito elettrico si dice *collegato in serie* quando tutti gli elementi che lo compongono sono attraversati dalla stessa corrente. Un esempio è il circuito preso in esame per il secondo principio di Kirkoff.
Nei circuiti serie, si è detto, i generatori sommano le loro tensioni se "spingono" gli elettroni nella stessa direzione, altrimenti le tensioni si sottraggono. Ovvero, invertendo le polarità di E e lasciando convenzionalmente invariato il senso di circolazione della I avremo:

$$E_1 - E_2 = R_1 I + R_2 I + R_3 I$$

Nel caso si avesse $E_2 > E_1$ dovremmo considerare anche I come negativa, cioè circolante in senso inverso al senso dato.

Un circuito elettrico si dice *collegato in parallelo* quando a tutti gli elementi che lo compongono è applicata la stessa d.d.p. In questo caso più generatori in parallelo dovranno avere la stessa tensione ma potranno erogare la somma delle correnti erogate da ciascuno. La lampadina in figura sarà sottoposta ad una tensione di 1,5V ma attraversata dalla somma delle correnti erogate da ciascun accumulatore.

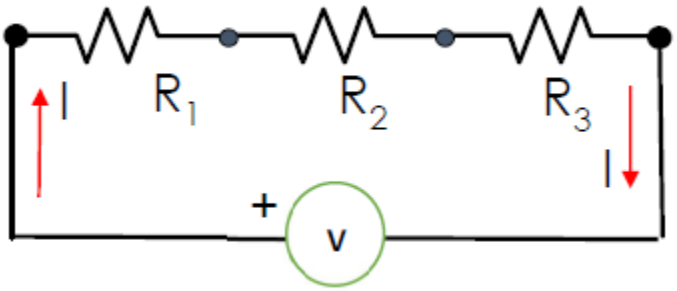


- *Calcolo della resistenza totale*

Immaginiamo di avere un circuito serie composto da un generatore di corrente continua (c.c.) e tre resistenze. Calcoliamo quel valore di resistenza che produca gli stessi effetti termici delle tre resistenze in serie. Dalla definizione di circuito serie sappiamo che tutti gli elementi sono attraversati dalla stessa corrente e quindi anche un'eventuale ipotetica resistenza totale R_t sarà attraversata da quella corrente.

Si può quindi scrivere che:

$$R_t * I = R_1 * I + R_2 * I * R_3 * I$$



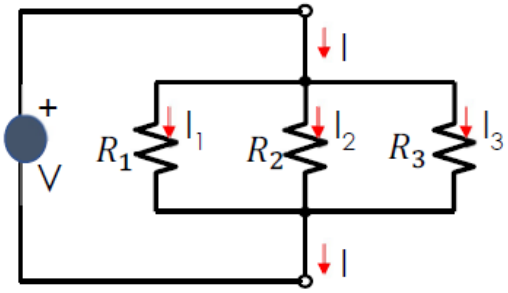
Raccogliamo I e semplifichiamo, avremo:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

La resistenza totale di un circuito serie è uguale alla somma delle singole resistenze. Ma essendo vero anche che la V applicata ai capi corrisponde alla somma delle cadute di tensione ($R_1I + R_2I + R_3I$) risulta evidente che il circuito bilancia automaticamente l'energia assorbita con quella resa.

- *Calcolo della resistenza equivalente*

Analogamente, andiamo ora a calcolare quel valore di resistenza che produca gli stessi effetti termici di tre resistenze collegate in parallelo. Le tre resistenze saranno sottoposte alla stessa d.d.p. ma, anche in virtù del 1° principio di Kirkoff, saranno attraversate da tre correnti diverse la cui somma costituirà la corrente erogata dal generatore.



$$I_1 = \frac{V}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3}$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

Sostituiamo nell'ultima formula i valori di I, I_1, I_2, I_3 :

$$\frac{V}{R_{eq}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

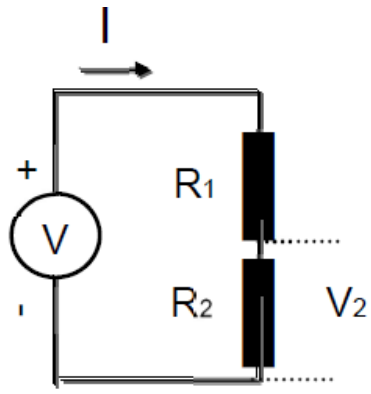
Semplificando avremo:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \qquad R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

La resistenza equivalente R_{eq} di un circuito parallelo composto da n resistenze sarà uguale alla somma degli inversi delle singole resistenze componenti il parallelo. Nel caso particolare di due resistenze si avrà:

$$R_{eq} = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$$

Nel calcolo dei valori in gioco vengono spesso usate le formule inverse a quelle appena enunciate. Infatti, il circuito serie viene utilizzato per la realizzazione del partitore di tensione prelevando la tensione necessaria ai capi di uno dei carichi (resistenze) del circuito. Ad esempio, nel circuito in figura, calcoliamo il valore di V_2 ai capi della resistenza $_{R2}$. Applicando la legge di Ohm sarà:



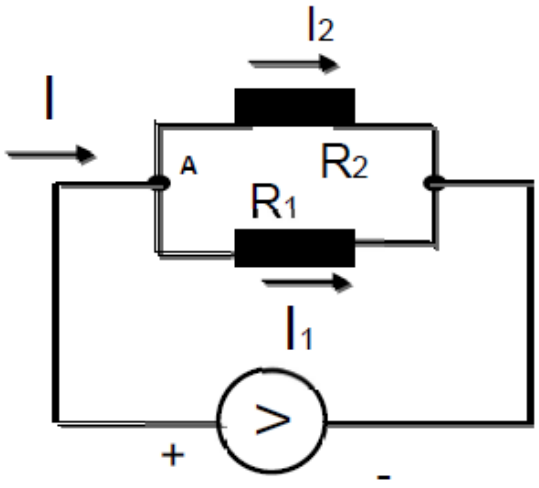
$$V_2 = R_2 * I$$

$$I = \frac{V}{R_t} = \frac{V}{R_1 + R_2}$$

Ma è anche vero che: $V_1 = R_1 * I$

Quindi possiamo dire: $V = V_1 + V_2 = R_1 I + R_2 I$

Il circuito parallelo viene utilizzato come partitore di corrente, ovvero per determinare la corrente che circola in un carico. Ad esempio, nel circuito in figura, calcoliamo il valore della I_1 che attraversa resistenza R_2 applicando la legge di Ohm sarà:



$$I_2 = \frac{V}{R_2}$$

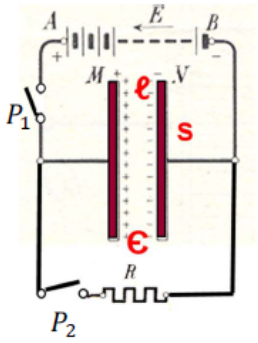
applicando il primo principio di Kirkoff al nodo A:

$$I = I_1 + I_2$$

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2}$$

- *Condensatori*

Nello spazio intorno ad una carica elettrica esistono delle forze capaci di agire su altre cariche elettriche con effetto di attrazione e di repulsione. Si dice quindi che esiste un campo elettrico che viene definito da una serie di linee di forza. Queste linee di forza partono da una carica positiva e si chiudono sempre su una carica negativa. Su questo principio si basa il funzionamento dei condensatori, componenti utilizzati nei circuiti elettrici quando è necessario accumulare o restituire cariche elettriche con lo scopo di mantenere costante la differenza di potenziale a capi di un utilizzatore. La propensione di un dispositivo ad accumulare cariche elettriche è detta capacità e si misura in Farad.



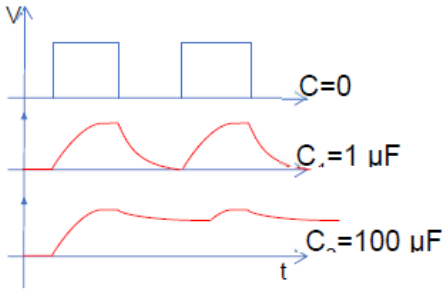
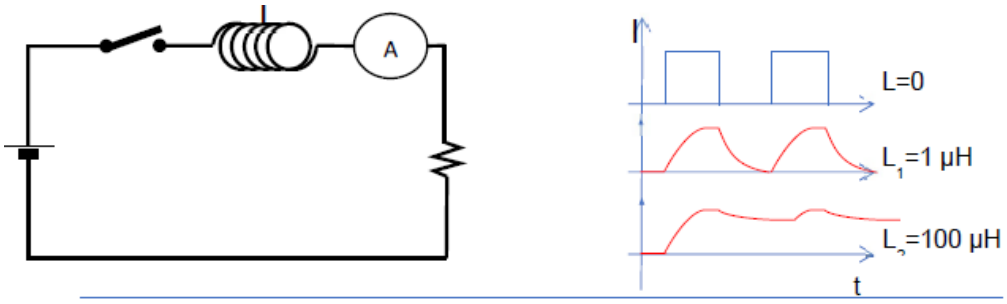


Figura 1

Nel circuito di figura alimentiamo R con la tensione E, aprendo e chiudendo P_1 e P_2 otterremo diversi valori di C con le conseguenze di figura 1: con P_1 aperto C si scarica continuando ad alimentare R.

- *Induttanze*

L'induttanza è un componente utilizzato nei circuiti elettrici dove è necessario mantenere costante la corrente che la attraversa. Infatti, grazie al campo magnetico che si crea all'interno del solenoide, questo funziona esattamente come un volano meccanico. L'unità di misura dell'induttanza è l'Henry (H).



- *Energia e potenza elettrica*

Come è ben noto in fisica, perché ci sia una trasformazione di energia è necessario un certo tempo e una certa potenza. Energia (W) e potenza (P) sono legate dalla relazione:

$$W = P * t \text{ da cui } P = W/t$$

Ovvero la potenza rappresenta la capacità di trasformare energia nell'unità di tempo. Sappiamo che le cariche elettriche, nel loro movimento all'interno del conduttore, incontrano resistenza trasformando l'energia cinetica che possiedono in calore. Sperimentalmente è stata provata la legge che regola il fenomeno (legge di Joule) espressa dalla formula:

$$W = R * I^2 * t \text{ da cui } P = R * I^2 \qquad P = V * I$$

Se la corrente è espressa in Ampere e il tempo in secondi l'energia sarà misurata in Joule (J) e la potenza in Watt (W). La potenza così definita rappresenta la dissipazione in calore che tutti gli apparati elettrici hanno.

La corrente elettrica produce, quindi, un effetto termico, sfruttato per esempio per riscaldare o cuocere, che, tuttavia, non è l'unico effetto prodotto. Una corrente elettrica è in grado di produrre anche:

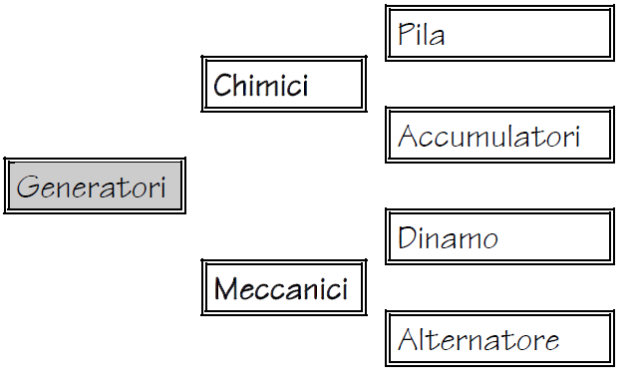
- ✓ Un effetto fisiologico: se facciamo passare corrente attraverso il nostro corpo, avvertiamo una contrazione muscolare o scossa elettrica.
- ✓ Un effetto chimico: la corrente passando in una soluzione acida o salina la scompone in ioni positivi e ioni negativi.
- ✓ Un effetto magnetico: la corrente che passa in un conduttore genera intorno ad esso un campo magnetico. L'effetto magnetico è reversibile (un campo magnetico può generare una corrente elettrica) e viene sfruttato per la costruzione di motori, generatori, accoppiamenti induttivi, etc.

- *La corrente alternata*

Si definisce corrente alternata quel flusso di corrente che inverte periodicamente il senso di circolazione nel circuito. Ovvero circola per un tempo *t/2* in un senso e per un tempo *t/2* in senso contrario.

- *I generatori*

I generatori, in base alle modalità attraverso le quali provvedono a generare la differenza di potenziale, si classificano in:

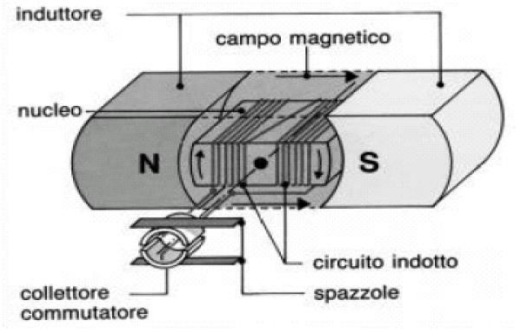


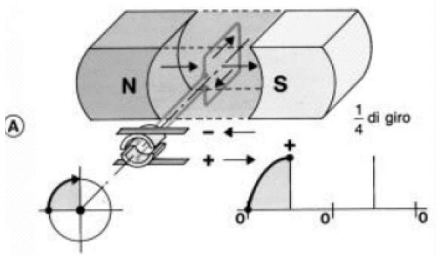
Si definisce generatore elettrico, qualsiasi macchina o dispositivo in grado di produrre e mantenere una differenza di cariche elettriche tra i suoi due poli, chiamata scientificamente “differenza di potenziale” o “tensione”.

- *La dinamo*

La dinamo é una macchina che produce corrente elettrica continua, cioè quel tipo di corrente che deriva da un movimento di elettroni diretto sempre nello stesso verso. La dinamo é costituita da tre parti fondamentali: l'induttore, formato da un magnete, che é la parte fissa ed é utilizzato per generare il campo magnetico; l'indotto, formato da un filo di rame isolato ed avvolto intorno ad un nucleo di ferro, che costituisce la parte mobile e che viene fatto ruotare meccanicamente; il collettore e le spazzole, il primo formato da due mezzi anelli metallici, cui sono collegati gli estremi del filo di rame, e le seconde da lamine poste a contatto con essi, che insieme costituiscono il dispositivo di raccolta della corrente elettrica indotta.

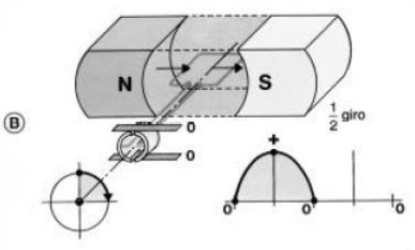
Funzionamento della dinamo





Nella fase A l'indotto taglia verticalmente le linee di forza del campo magnetico e nel conduttore passa una corrente indotta diretta verso il polo positivo del circuito (spazzola «+»). L’intensità di tale corrente aumenta mentre il circuito si avvicina alla posizione verticale e raggiunge un primo picco di massimo quando tale posizione é raggiunta.

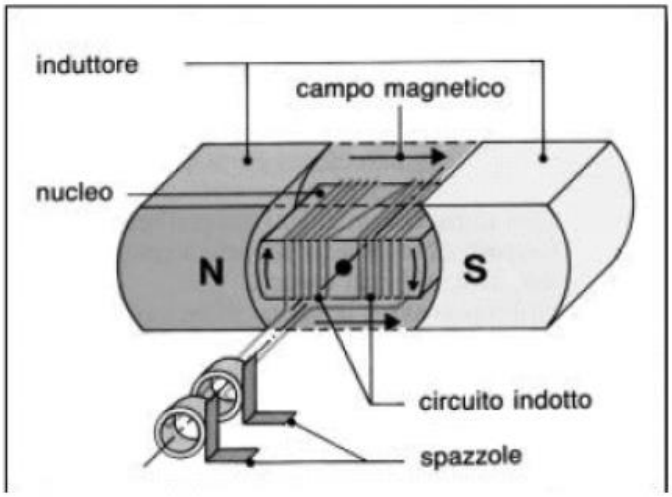
Nella fase B l'indotto taglia invece orizzontalmente le linee di forza e nel conduttore non vi è quindi passaggio di corrente. L’intensità diminuisce mano a mano che si passa dalla posizione verticale a quella orizzontale e diviene nulla quando essa è raggiunta.



Le dinamo possono produrre correnti di limitata tensione e quindi di potenza relativa, a causa della delicatezza del collettore. Inoltre sono di complessa costruzione, richiedono una frequente manutenzione e, producendo corrente continua, non permettono il trasporto della corrente a grande distanza e quindi sono adatte alle centrali elettriche.

- *L'alternatore*

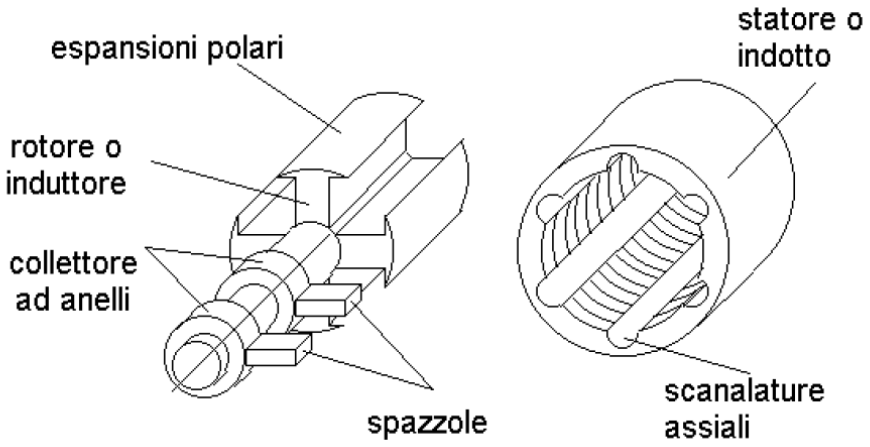
L'alternatore è una macchina che trasforma l'energia meccanica in corrente elettrica alternata, che presenta la caratteristica di variare continuamente verso, in modo alterno e ad intervalli regolari di tempo. L'energia meccanica è fornita da motori: turbine idrauliche, a vapore o a gas, motori a carburazione e Diesel.



Funzionamento dell'alternatore

Gli alternatori sono costituiti da due parti fondamentali, una fissa e l'altra rotante, dette rispettivamente statore e rotore, su cui sono disposti avvolgimenti di rame isolati. I due avvolgimenti si dicono induttore e indotto; a seconda del tipo di alternatore l'induttore può essere disposto sul rotore e l'indotto sullo statore e viceversa.
Il principio di funzionamento dei generatori elettromeccanici di corrente è basato sul fenomeno dell'induzione elettromagnetica. Com'è noto, spostando un conduttore in un campo magnetico si genera una f.e.m. all'interno del conduttore.
Portando conseguentemente il rotore in rotazione, rigenera una corrente elettrica che viene raccolta dalle spazzole.

Indotto = parte di una macchina elettrica comprendente l'insieme degli avvolgimenti percorsi da correnti indotte
Collettore = organo che raccoglie la corrente generata nell'interno della macchina e la invia nel circuito esterno di utilizzazione.



- *I dispositivi elettronici*

Semiconduttori

Dal punto di vista della conducibilità elettrica i materiali si dividono in:

- ✓ conduttori: materiali in grado di far scorrere corrente elettrica al loro interno perché presentano un basso valore di resistenza o un alto valore di conducibilità G =1/R
- ✓ semiconduttori: materiali appartenenti alla categoria dei semimetalli, che possono assumere una resistività superiore a quella dei conduttori e inferiore a quella degli isolanti; la resistività dipende in modo diretto dalla temperatura. Essi sono alla base di tutti i principali dispositivi elettronici e microelettronici a stato solido quali transistor, diodi, etc.
- ✓ isolanti: materiali che non consentono lo scorrere della corrente elettrica al loro interno perché dotati di un alto valore di resistenza.

I semiconduttori assumono determinate caratteristiche se opportunamente "drogati" con impurità. Esistono due tipi di drogaggio: quello tipo N e quello tipo P. Lo scopo del drogaggio di tipo N è produrre un eccesso di elettroni liberi nel materiale. Lo scopo del drogaggio di tipo P è produrre un eccesso di lacune (atomi privi di un elettrone) nel materiale.

Il diodo

Unendo due semiconduttori, ad esempio due tavolette di silicio, drogati l'uno positivamente (P) e l'altro negativamente (N) si ottiene un diodo. In queste condizioni il diodo consente il passaggio di una corrente continua solo in un senso. Funziona, in pratica, come una valvola unidirezionale.
Il diodo ha resistenza interna tendente a zero in un senso (polarizzazione diretta) e tendente ad infinito in senso opposto (polarizzazione inversa). Si dice quindi che non è regolabile e la resistenza del circuito dipende unicamente dal carico esterno.

Tiristore o SCR (Silicon Controlled Rectifire) – IGTB (Insulate Gate Bipolar Transistor)

Il tiristore è uno speciale diodo a cui è stata aggiunta una giunzione accessibile tramite un contatto detto Gate. Inviando una corrente a basso voltaggio attraverso il gate è possibile comandare la fase di conduzione (SCR acceso) e quella di isolamento (SCR spento). In pratica si ottiene un diodo pilotabile che funziona come un interruttore ma senza parti in movimento e con tempi di reazione nell'ordine dei nano-secondi. L'IGTB è un transistor il cui funzionamento è simile a quello del tiristore ma sopporta potenze maggiori.

- *Il chopper*

È costituito da un tiristore e dal relativo circuito di spegnimento. Consente modulare il valore medio di tensione V_m senza l'utilizzo di reostati. Se noi pilotiamo, a mezzo del gate, il tiristore in modo che questo si apra e si chiuda ad intervalli regolari otterremo una corrente pulsante a frequenza f e periodo T.

- *L'inverter*

È costituito da un ponte di tiristori (più recentemente sostituiti con IGBT) e si utilizza per trasformare la corrente continua in corrente alternata. Con riferimento alla figura portiamo in conduzione i tiristori T_1 *e* T_4 lasciando spenti T_3 *e* T_2: la resistenza R viene attraversa dalla corrente in senso AB. Invertendo l'ordine di chiusura dei tiristori (T_1 e T_4 spenti; T_3 *e* T_2 accesi) la resistenza viene attraversata dalla corrente in senso BA realizzando di fatto una corrente alternata ad onda quadra.